

## 環境中性子による金試料中の Au-198 生成量の比較

村田祥全・小村和久

〒923-0962 能美郡辰口町和気オ 24 金沢大学自然計測応用研究センター・低レベル放射能実験施設

Yoshimasa Murata and Kazuhisa Komura: Comparison of the amount of Au-198 induced by natural neutrons

### [はじめに]

金の安定同位体である  $^{197}\text{Au}$  の中性子捕獲反応 ( $^{197}\text{Au}(\text{n}, \gamma)^{198}\text{Au}$ ) を利用する中性子検出器は、電気およびメンテナンスが不要であり、コストパフォーマンスや携帯性に優れ、あらゆる場所に設置可能であるという大きな利点がある。金沢大学低レベル放射能実験施設が保有する、尾小屋地下測定室に導入した極低バックグラウンド高純度ゲルマニウム半導体検出器を利用することにより、環境中の中性子束レベル (約  $10^{-2} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) の照射であっても、生成する  $^{198}\text{Au}$  放射能を測定することが可能になった。しかし、 $^{197}\text{Au}$  の反応断面積の大きさゆえに、中性子の自己吸収が生じ、 $^{198}\text{Au}$  生成量から中性子束を計算する際に、過小評価するという問題が生じる。しかし、環境中性子の下で、金の厚さと  $^{198}\text{Au}$  生成量の関係を実験的に評価した研究は非常に少ない。

本研究では、環境中および環境中より 3 桁高い中性子束が得られる近畿大学原子炉周辺において、金を重ねて中性子放射化を行い、金 1g あたりの  $^{198}\text{Au}$  放射能の比較を行った。

### [実験方法]

金を重ねて厚みと  $^{198}\text{Au}$  放射能の関係を調べる実験は、低レベル放射能実験施設、標高 2070 m の白山南竜小屋および近畿大学原子炉の 3 箇所で行った。低レベル放射能実験施設における実験では、下方向からの中性子の寄与を除去するため、約  $1 \times 1 \times 1 \text{ m}$  の鉄板、鉛板および鉛ブロックを組み合わせた遮蔽体 (Fig. 1) を設置した場合と、遮蔽なしの場合の 2 通り行った。遮蔽体を設置した実験として、厚さ 0.11、0.15、0.23、0.44、0.70、1.17、3.50 mm の純金板および直径 2.0 mm の金粒 (各重量約 40 g) を遮蔽体の上に置き、3 週間環境中性子による照射をした (実験①)。また、 $4 \times 17.5 \times 0.015 \text{ cm}$  の金板試料 4 枚の下に  $4 \times 15 \times 0.012 \text{ cm}$  の金板試料を 6 枚重ねたものを遮蔽体の上に置き、環境中性子による照射を 3 週間行った (実験②)。遮蔽を設置しない実験として、 $4 \times 15 \times 0.012 \text{ cm}$  の金板試料を 6 枚重ねたものをビニルテープを用いて地上約 1 m に吊るし、環境中性子照射を 3 週間行った (実験③)。白山南竜小屋における実験では、 $4 \times 15 \times 0.012 \text{ cm}$  の金板試料を 6 枚重ねたものを小屋の屋根の梁の上に置き、環境中性子照射を 3 週間行った (実験④)。近畿大学原子炉の実験では、 $4 \times 15 \times 0.012 \text{ cm}$  の金板試料 6 枚と  $4 \times 5 \times 0.02 \text{ cm}$  を 1 枚と  $3 \times 4 \times 0.035 \text{ cm}$  を 1 枚とを重ねたものおよび  $3 \times 4 \times 0.07 \text{ cm}$  の金板試料を 6 枚重ねたものを、原子炉生体遮蔽外壁に設置し、出力 1 W で約 6 時間原子炉を運転させ、漏洩中性子による照射を行った (実験⑤)。いずれの実験でも、中性子照射後、金試料を回収し、カドミウム板に包み、直ちに尾小屋地下測定室に運んだ。井戸型、同軸型および平板型高純度ゲルマニウム半導

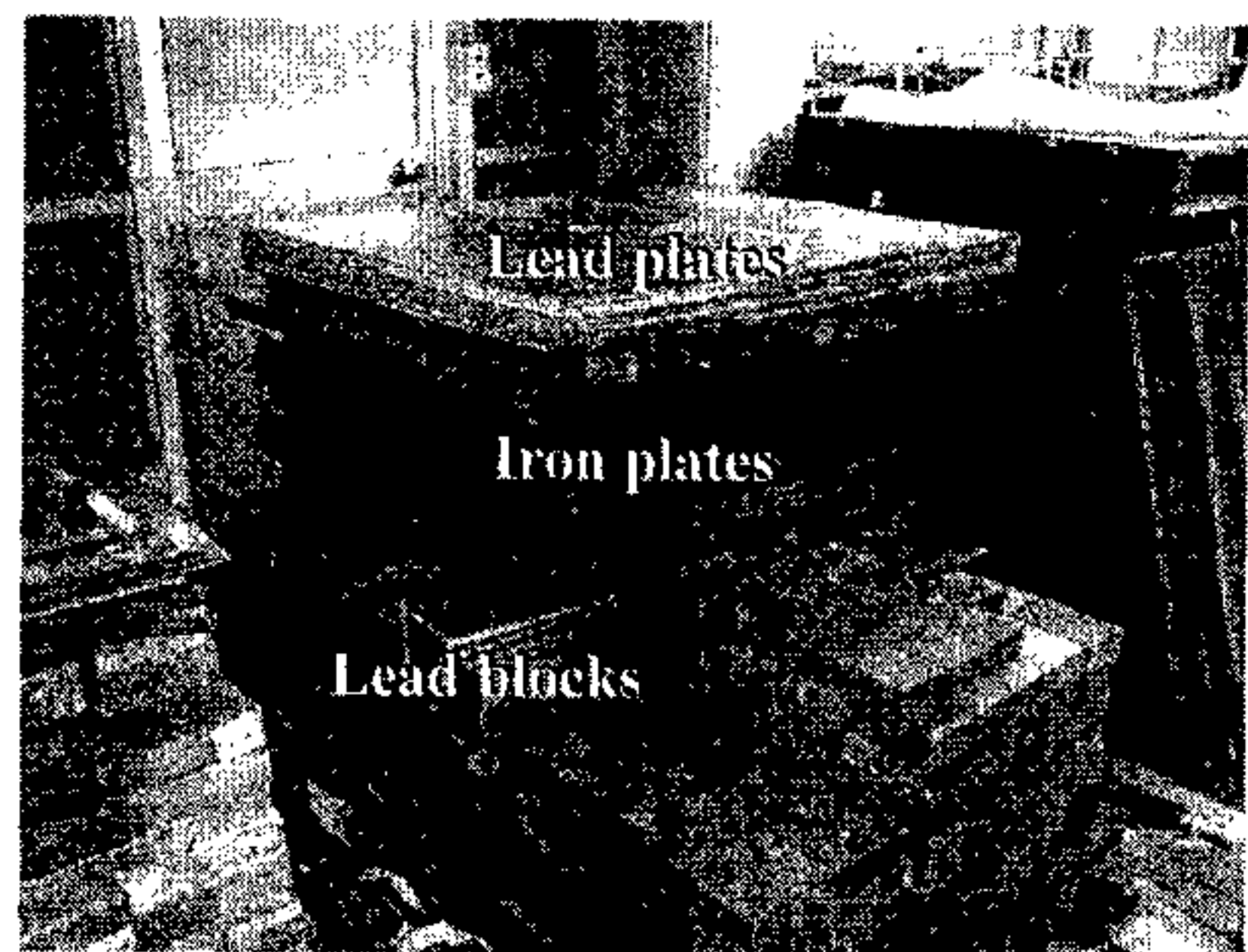


Fig. 1 The shield which consists of lead blocks, iron plates and lead plates.

体検出器を用いて、極低バックグラウンド $\gamma$ 線スペクトロメトリーを行い、 $^{198}\text{Au}$  放射能を測定した。放射能の減衰と検出効率の補正を行い、金 1 g あたりの  $^{198}\text{Au}$  放射能の比較を行った。

#### [結果と考察]

実験①から⑤において、金の厚みと金 1 g あたりの  $^{198}\text{Au}$  放射能の関係を調べた結果を Fig. 2 にまとめて示す。各実験の  $^{198}\text{Au}$  放射能を比較すると、実験①の 0.70 mm 厚の金板と 2.0 mm の金粒および白山南竜小屋の実験（実験④）を除いて、減少の程度は実験条件の違いがあるにもかかわらずほぼ同程度であった。白山南竜小屋は、海拔 2070 m に位置しているため、海拔 40 m の低レベル放射能実験施設や、炉心周りの遮蔽により十分に減速している近畿大学の原子炉の漏洩中性子と比べると、中性子のエネルギースペクトルが高エネルギー側にシフトしていると考えられる。そのために、白山南竜小屋の実験結果が他と異なる傾向にあると推測される。

Beckurts and Wirtz による、金の自己吸収の理論計算結果は、金 2 mm 厚でも約 6% の  $^{198}\text{Au}$  放射能の減少にとどまり、本研究の実験値（約 50% 減少）と大きく異なっている。この理論計算は、約 40 年前のものであり、実際の中性子の挙動および減衰を正確に反映していない可能性がある。MCNP などの最新の理論計算を行った上で比較する必要がある、現在検討中である。上記の実験結果からは、0.3 mm 厚以上の試料で有意な自己吸収の影響が見られた。このことは、金を中性子束検出器として利用する際に、0.2 mm 厚以下では中性子の自己吸収が無視でき、補正が不要であるが、0.3 mm 厚以上では、補正が必要であることを示している。

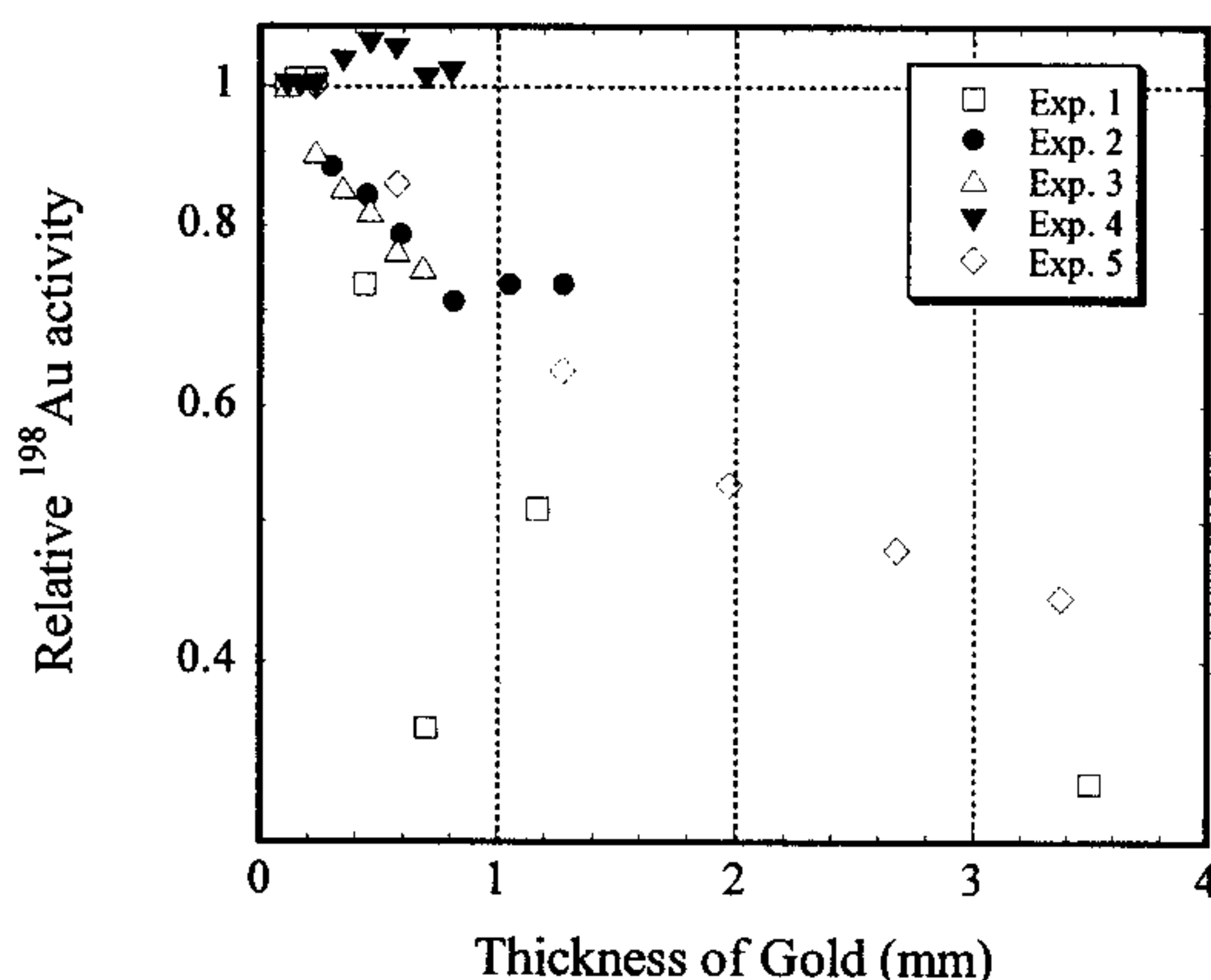


Fig. 2 The plots of relative  $^{198}\text{Au}$  activity against thickness of gold.

#### 引用文献

K. H. Beckurts and K. Wirtz, Neutron Physics, Springer-Verlag (1964).

#### 謝辞

本研究のうち近畿大学原子炉を利用したものは、「近畿大学原子炉等利用共同研究」として行われ、実験の際には近畿大学原子力研究所・森嶋彌重 所長ならびに古賀妙子 教授にご協力をいただいた。